

技術解説

粉ミルクの圧縮成型体製造技術の開発

The Development of the Manufacturing Technology Related Compressed Powdered Formula

藤本 浩 豊田 活 柴田 満穂
Fujimoto Hiroshi Toyoda Ikuru Shibata Mitsuho

粉ミルクの開発はこれまで栄養機能の改良を主眼として実施されてきた。製品の付加価値を高めるためには、使い勝手の向上、環境負荷低減やユニバーサルデザインを指向することも重要である。

The improvement of the nutritive function has been executed to the development of the powdered formula up to now as a principal object. Aiming at the improvement, reduction of environmental impacts, and the universal design of convenience is also important to raise the additional value of this kinds of products.

キーワード：粉ミルク、圧縮成型、成型体製造、溶解性、保形性

1 はじめに

粉ミルクは専用スプーンで所定量を計量して哺乳瓶などに入れ、これに温水を加えて攪拌溶解（調乳）して使用される。現在市販されている一般的な粉ミルクは顆粒状の粉であり、容易に溶解して溶け残りも少ない優れた品質の製品である。しかし、使用者からはスプーンでの計量時に粉をこぼしたり、何杯入れたのかわからなくなるなどの不便が指摘されていた。このような調乳作業の不便さは育児ストレスの一因ともなり得る問題である。

ここでは、前記の課題を解決するために開発した粉ミルクを圧縮成型したこれまでにない全く新しい形態の粉ミルク（図1）について紹介したい。

2 粉ミルク成型体製造の課題

粉乳を成型体とする概念と方法は古くから報告されている^{1)~6)}。しかし、これらはいずれも単なる概念のみであったり、示された製造方法が実用的な品質を持つ成型体を工業規模で効率的に製造するのに適した方法ではない。特に溶かして使用することを前提とした粉ミルクの場合、成型体とすることには以下の問題がある。

① 溶解性と保形性の両立

成型体製造の最も代表的な方法は圧縮成型であるが、粉乳を圧縮すると粉乳粒子同士の距離が近づいて溶解時に水が侵入する通路が狭まり、成型体の溶解性は不良となる。逆に、良好な溶解性を確保するためには弱い圧縮力で成型する必要があるが、この場合は成型体としての保形性に劣り、

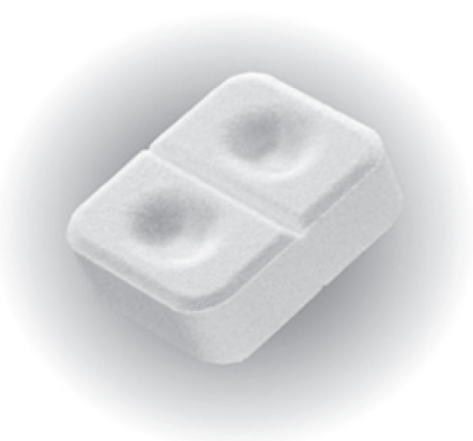


図1 粉ミルクの成型体製品

製造工程中や流通過程で成型体が崩れて実用には適さない。

② 添加剤の不使用

医薬品では、有効成分の重量割合が少ないこともあり、保形性や溶解性を増すために、滑沢剤、崩壊剤、賦形剤等の添加剤と混合して成型することが多い。しかし、粉ミルクにおいては乳児の成長に必要な栄養成分以外の原材料を使用することが嫌われるため、既存の粉ミルクの組成および原材料を変更することなく、そのまま成型体とすることが求められる。一方、引用文献1)～4)では粉体同士の決着性を高めるために糖液を粉体と混合して圧縮する方法などが報告されている。実際に糖液は粉ミルクの原料の1つとして用いられることが多いため、それを利用することは可能である。しかし、ここで開発した方法は従来と同じ組成の粉体をそのまま成型体製造の原料とする方法である。なぜなら、一部の異種原料を成型体製造の工程で用いると、これまで通りの粉体の形態で販売する製品と成型体製造用の粉体を同時に製造することが不可能となり、粉と成型体の全体の製造効率が著しく低下するという問題があるからである。

3 新しい成型体製造法の開発と特徴

3.1 新しい成型体製造法の開発

以上の課題から、粉ミルクを成型体とするためには既存の技術をそのまま利用することは困難であり、明治乳業(株)では独自にその技術の開発に着手した。まず、基本的な方法を模索するため実験室規模で検討を行った。粉ミルクを圧縮して成型体とすること自体は容易であったが、得られた成型体は哺乳瓶中で容易に溶解するものではなかった。溶解性を高めるためには圧縮の程度を弱めることが必要であったが、保形性は低下し、取扱中に容易に崩れるような成型体しか得られなかった。その後も、様々な試行錯誤を繰り返し、粉ミルクのみを原料とし、低圧縮力で圧縮成型した後に、加湿および乾燥処理することにより、十分な強度と溶解性とを兼ね備える成型体を得ることができた。

すなわち、成型体が溶解するためには、水の浸入路となる粉乳粒子間の間隙が必要であり、この間隙が大きいほど水が円滑に浸入して溶解性は良好となる。このためには粉乳を弱い力で圧縮することが必要であるが、得られる成型体は脆くて壊れ易い。しかし、このような脆い成型体の表面を加湿すると、成型体表面付近の粉乳の一部が溶解して架橋を形成し、保形性を高めることが可能となる。加湿によって増加した水分はその後の乾燥により除去する。

この方法が明治乳業(株)の開発した新しい成型体製造法である。実際に圧縮成型しただけの加湿前の成型体は僅かな力を加えれば直ちに崩れる程度の保形性であるが、加湿乾燥後は通常の取り扱いに十分に耐える保形性となる。

ここで用いる圧縮力は製菓、製菓などの一般的な圧縮成型の場合の1/10～1/200程度である。図2に粉ミルクを高圧縮力(30MPa)および低圧縮力(2MPa)で圧縮して得た成型体の

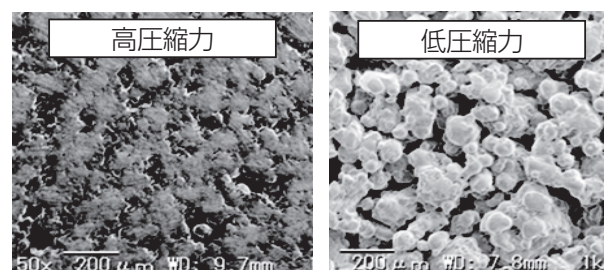


図2 高圧縮力および低圧縮力で圧縮した粉ミルクの成型体の電子顕微鏡写真(50倍)

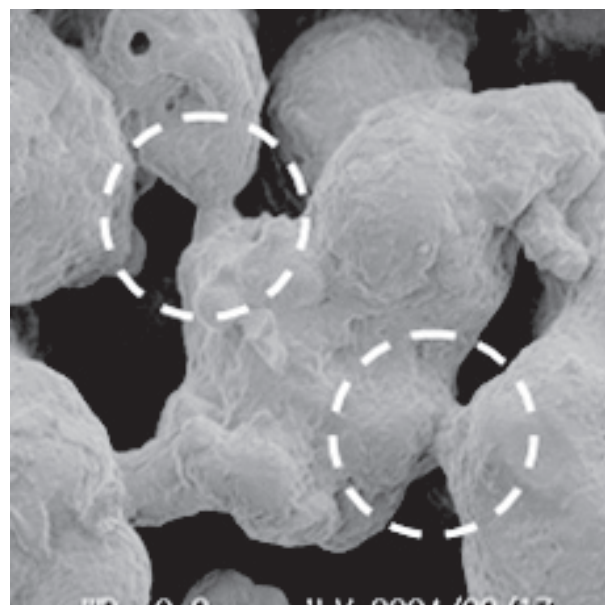


図3 加湿による粒子同士の架橋(電子顕微鏡300倍)

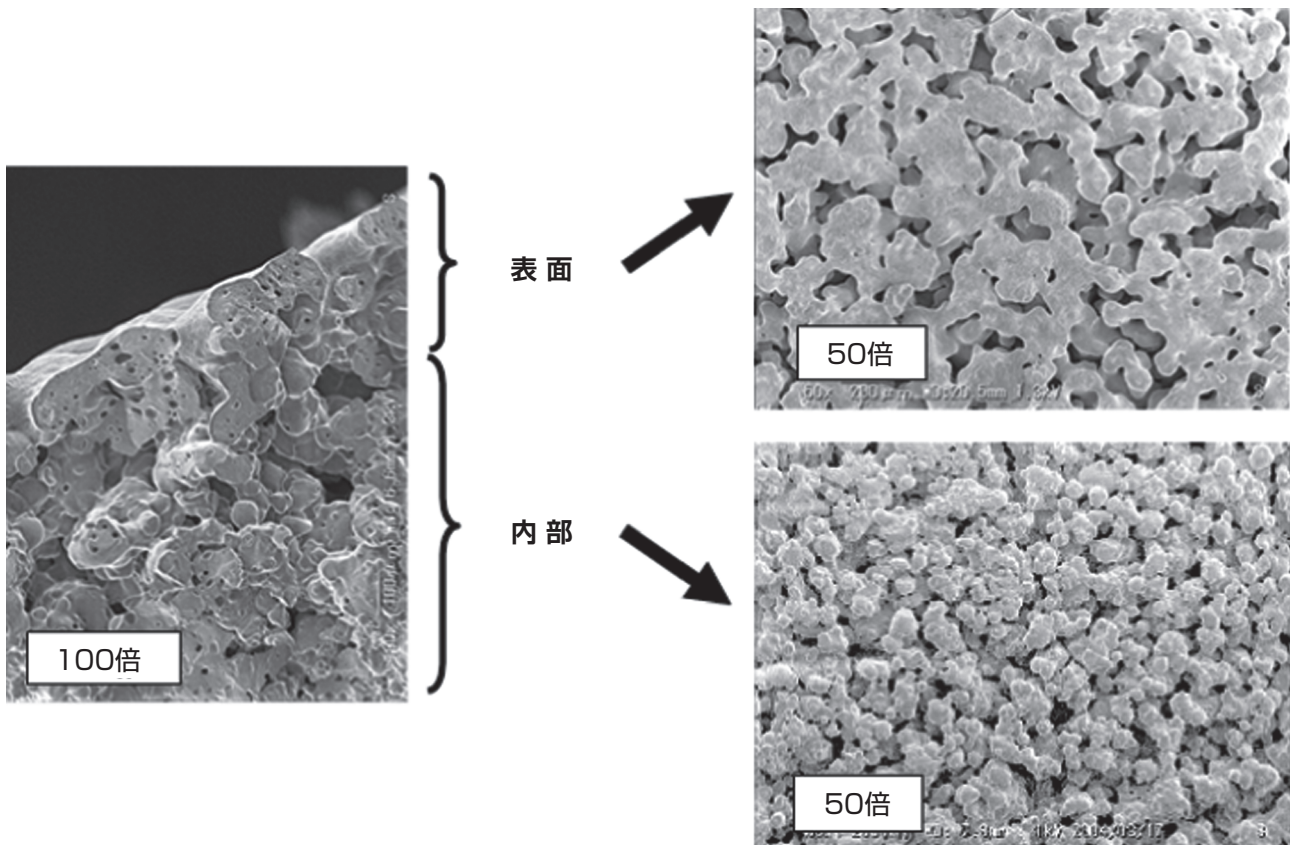


図4 加湿した成型体の表面近傍および内部の電子顕微鏡写真

電子顕微鏡による観察写真を示した。本図から、圧縮力の違いにより、粒子の潰れや粒子間の間隙の程度が異なることがわかる。加湿操作では成型体表面の粒子の一部が溶解し、図3に示したような架橋を形成して保形性が高まる。なお、製菓、製菓においては本法と同様に成型体の表面に糖液や蒸気を噴霧して、成型体の強度を高めたり、表面を滑らかにするための方法（グレイジング：glazing）が知られている。

図4に成型体の表面近傍から内部に至る断面の写真を示した。本図より成型体の表面近傍は加湿により粒子同士が結合して間隙が少ないものの、成型体の内部は水の浸入路となる間隙が十分に確保されていることがわかる。つまり、ここで開発した製法では、表面のみが硬く、内部はほぼ粉乳と同様の状態を保ったままの成型体の製造が可能である。

3.2 新しい成型体の特徴

このようにして得られた粉ミルクの成型体に関して、強度と溶解性に関する試験を行った。

粉ミルクを高圧縮力（30MPa）または低圧縮力（2MPa）で成型した。その後、加湿して、加熱乾燥させた。加湿、乾燥前後で成型体の硬度を測定するとともに、50℃の温水中で攪拌する溶解性試験を行った。その試験結果を表1に示した。

表1 圧縮力の違いによる硬度と速溶性

	高圧縮力	低圧縮力
加湿前硬度 (N)	182	8
乾燥後硬度 (N)	291	40
溶解性 (s)	490	10

高圧縮力で成型した場合は、完全に溶解するまでに490秒もの時間を要したが、低圧縮圧力の場合は、温水中で速やか（10秒間）に溶解し、硬度も40N以上と実用上の問題ない水準であった。

4 成型体とすることのメリット

前述した通り、粉ミルクを成型体とすることにより、調乳時には所定の個数の成型体を哺乳瓶に入れればよく、後からでも何個入れたのかが一目

でわかるようになった。したがって、調乳時に粉がこぼれたり、容量を間違えたりするといったデメリットは解消された。なお、本成型体には割線が設けられており、必要に応じて半分に割って使用できる。この半分割分が従来の粉体製品の場合のスプーン1杯に対応しており、乳児の成長に従って変化する授乳量はこれまでと全く同様に調整可能である。

さらに、成型体とすることのメリットは調乳時だけの問題ではない。粉体を圧縮することにより製品単位重量あたりの容量が減少し、同一重量の粉体製品と比較すると成型体はコンパクトな包装となって、製品の輸送効率は向上した。また、従来の製品はスチール缶に充填されていたが、これをアルミ袋と紙箱の包装に変更した。このことも、包装を含めた製品の低重量化に寄与し、製品輸送が効率化して二酸化炭素排出量削減が期待される。さらに、空容器を廃棄する際も、スチール缶の場合は容器自体をつぶしてその容積を減らすことは容易ではないが、アルミ袋と紙箱であればコンパクトに折り畳むことができるため、容量を小さくできることも本製品のメリットである。

5 おわりに

溶かして使用することを前提とした粉ミルクの成型体製品は日本国内のみならず世界的にも例はない。この製品は調乳時の粉のこぼれや計量間違いなどを減らし、粉ミルクの利便性を飛躍的に高めて育児のストレス軽減に貢献した。また、成型体は圧縮により通常の粉末と比較して充填密度が高い（重量当たりの容量が小さい）ことから、携帯性、保管性が向上することは言及するまでもない。さらに、従来の粉ミルクは金属缶に充填されているが、本製品ではアルミ袋と紙箱を使用しており、包装も含めた製品重量の低減化を実現することにより、製品輸送時の二酸化炭素排出量削減効果が期待される。さらに、廃棄の簡便化と廃棄物の減容化も果たした。

従来の粉ミルクの開発は主に栄養機能の改良を

主眼として実施されてきたが、使い勝手の向上や環境負荷低減を指向することも重要である。粉乳製品の新しい開発の方向性を示した本技術が他の粉末製品類にも適用され、これまでにない付加価値を指向した商品の研究開発につながることに期待したい。

<引用文献>

- 1) 森永乳業（株）：易溶性粉乳錠剤の製造法，特公昭45-7949，1970
- 2) 森永乳業（株）：易溶性固形乳の製造法，特公昭45-39018，1970
- 3) 雪印乳業（株）：易溶性固形状ミルクの製造法，特公昭49-4948，1974
- 4) 和光堂（株）：固形成型物およびその製造法，特公平1-54015，1989
- 5) 石原公一郎：乳児用固形ミルク，実開昭49-130189，1974
- 6) 野田佳子：固形ミルク，実開昭61-118280，1986

<参考文献>

- 7) 明治乳業（株）：固形乳，およびその製造方法，特許第4062357号，2008

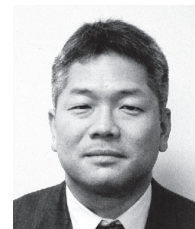
藤本 浩（ふじもと ひろし）
技術士（生物工学部門）

明治乳業（株）研究本部研究企画部
博士（理学）
e-mail：
HIROSHI_FUJIMOTO@MEIJI-MILK.COM



豊田 活（とよだ いくる）

明治乳業（株）研究本部技術開発研究所
工学博士
e-mail：IKURU_TOYODA@MEIJI-MILK.COM



柴田 満穂（しばた みつほ）

明治乳業（株）研究本部技術開発研究所
e-mail：
MITSUHO_SHIBATA@MEIJI-MILK.COM

